

Research Paper: The Effects of Continuous Cognitive Task on Postural Control of People With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Balance Error Scoring SystemPayam Ahmadi¹ , *Reza Salehi² , Mohammad Mehravar³, Shahin Goharpey⁴

1. PhD. Student of Physiotherapy, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
2. Associate Professor of Physiotherapy, Department of Rehabilitation Management, School of Rehabilitation Sciences, Rehabilitation Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.
3. Master of Science in Mechanical Engineering, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.
4. Assistant Professor of Physiotherapy, Musculoskeletal Rehabilitation Research Center, Ahvaz Jundishapur University of Medical Sciences, Ahvaz, Iran.



Citation Ahmadi P, Salehi R, Mehravar M, Goharpey Sh. [The Effects of Continuous Cognitive Task on Postural Control of People With Anterior Cruciate Ligament Reconstruction Using Balance Error Scoring System (Persian)]. Archives of Rehabilitation. 2020; 20(4):298-309. <http://dx.doi.org/10.32598/rj.20.4.298>

<http://dx.doi.org/10.32598/rj.20.4.298>



Received: 10 Apr 2019

Accepted: 23 Sep 2019

Available Online: 01 Jan 2020

ABSTRACT

Objective People with Anterior Cruciate Ligament (ACL) reconstruction need to have almost automatic postural control to focus on their athletic skills. Continuous cognitive task is a method for removing attention from postural control. The effects of continuous cognitive task on postural control of people with ACL reconstruction has been assessed by laboratory tools; however, its effect using balance error scoring system is still unknown. Therefore, the present study aimed to investigate the effects of continuous cognitive task on the postural control of individuals with ACL reconstruction using the balance error scoring system.

Materials & Methods The present study is a case-control study using simple non-probability sampling. Participants included 20 male football players with ACL reconstruction (13.90±4.15 months after surgery) and 20 healthy men. They were matched for age, sex, height, weight, body mass index, dominant leg, education and activity levels. Tegner activity level scale was used to determine activity level of participants. Postural control was evaluated under single-leg stance test (with treated leg) on firm and foam surfaces with and without continuous cognitive task. Balance error scoring system was used to assess the balance control. In the condition without cognitive task, no feedback was provided. Continuous cognitive task consisted of 10 three-digit numbers each presented with a 2-second interval by audio tape and headphone. In the cognitive condition, individuals were asked to focus on the preselected number and provide the sum of its repetitions in the end of the test. The dependent variable was the number of balance error in each condition. Balance errors included lifting hands from hip, opening eyes, stepping or swinging, lifting forefoot or heel, moving hip into more than 30 degrees of hip abduction or flexion, and remaining out of position for more than 5 seconds. We used SPSS V. 20 software for statistical analysis of data. Kolmogorov-Simonov test was performed to test the normality of data distribution. Intraclass Correlation Coefficient (ICC) was calculated to assess the relative reliability of the rater for assessing the balance error. The absolute reliability of the rater was measured using Standard Error of Measurement (SEM), Minimal Metrically Detectable Change (MMDC) and Coefficient of Variation (CV). Mixed-model of ANOVA (2 groups ×4 stance conditions) was used to investigate the main effect and interaction effect of these factors. We used repeated measure ANOVA to determine the main effect of test condition in every each, and independent-sample t-test and effect size was used to determine the difference between groups.

Keywords:

Anterior cruciate ligament reconstruction, Postural balance, Balance error scoring system, Attention

*** Corresponding Author:**

Reza Salehi, PhD.

Address: Department of Rehabilitation Management, School of Rehabilitation Sciences, Rehabilitation Research Center, Iran University of Medical Sciences, Tehran, Iran.

Tel: +98 (916) 3015563

E-Mail: salehi.re@iums.ac.ir

Results Distribution of data in all four test conditions was normal ($P>0.05$). The rater reliability was excellent for calculating the balance error in all test conditions ($ICC>0.90$, $MMDC<10\%$ and $CV<5\%$). Interaction between group and test condition was significant ($F=11.59$, $P<0.01$). Result of independent-sample t-test showed that subjects had a higher balance error than healthy subjects under single-leg stance test on foam without cognitive task ($F=2.01$, $P<0.01$). In this condition, the effect size also showed that difference between groups was large (>0.8). The main effect of test condition in subjects showed that the continuous cognitive task reduced balance error while standing on both firm and foam surfaces ($P<0.01$), while in healthy subjects, the cognitive task had no effect on the balance ($P>0.05$).

Conclusion It can be concluded that male football players with ACL reconstruction had poorer stability compared to healthy subjects in performing single-leg stance test on foam surface without continuous cognitive task. Moreover, continuous cognitive task improved balance control in ACL subjects, while it had no effect on the balance of healthy subjects.

This Page Intentionally Left Blank

ارزیابی تأثیر تکلیف شناختی پیوسته بر کنترل پاسچر افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای تعادل

پیام احمدی^۱، رضا صالحی^۲، محمد مهرآور^۳، شاهین گوهرپی^۴

۱. دانشجوی دکتری تخصصی فیزیوتراپی، مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۲. دانشیار فیزیوتراپی، گروه مدیریت توانبخشی، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، دانشگاه علوم پزشکی ایران، تهران، ایران.

۳. کارشناس ارشد مکانیک، مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

۴. استادیار فیزیوتراپی، گروه فیزیوتراپی، مرکز تحقیقات توانبخشی عضلانی اسکلتی، دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز، اهواز، ایران.

چکیده

اهداف: افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی برای تمرکز بر روی مهارت ورزشی خود نیازمند کنترل پاسچر به صورت تقریباً خودکار هستند. تکلیف شناختی پیوسته یک روش برای برداشتن توجه از روی کنترل تعادل است. تأثیر تکلیف شناختی بر روی کنترل پاسچر افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی با استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی بررسی شده است. اما تأثیر تکلیف شناختی پیوسته بر روی آزمون ساده و کلینیکی سیستم امتیازدهی خطای تعادل مشخص نیست. بنابراین هدف مطالعه حاضر بررسی تأثیر تکلیف شناختی پیوسته بر کنترل پاسچر این افراد با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای تعادل است.

روش بررسی: مطالعه حاضر یک مطالعه موردی شاهدی با روش نمونه‌گیری غیراحتمالی ساده است. شرکت‌کنندگان شامل ۲۰ مرد فوتبالیست با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی (۱۳/۹۰±۴/۱۵ ماه بعد از عمل) و ۲۰ مرد سالم بودند. افراد شرکت‌کننده از نظر سن، جنس، قد، وزن، شاخص توده بدنی، پای غالب، سطح تحصیلات و فعالیت با هم همسان‌سازی شدند. پرسش‌نامه تگنر برای تعیین سطح فعالیت افراد استفاده شد. کنترل تعادل در حالت ایستادن روی پای عمل‌کرده بر روی دو سطح سفت و فوم با و بدون تکلیف شناختی ارزیابی شد. برای ارزیابی کنترل تعادل، از سیستم امتیازدهی خطای تعادل استفاده شد. در حالت بدون تکلیف شناختی هیچ‌گونه بازخوردی ارائه نمی‌شد. تکلیف شناختی پیوسته شامل ده عدد سهرقمی بود که هر عدد به فاصله دو ثانیه با استفاده از نوار صوتی و هدفون ارائه می‌شد. در حالت با تکلیف شناختی از افراد درخواست می‌شد که روی رقم از پیش تعیین شده تمرکز کنند و مجموع تکرارهای آن را در پایان تست ارائه دهند. متغیر وابسته تعداد خطای تعادل در هر وضعیت آزمون بود. خطاهای تعادل شامل بلندکردن دست از روی هیپ، بازکردن چشم‌ها، قدم برداشتن یا تلو تلو خوردن، بلندکردن جلوی پا یا پاشنه، ابداسیون یا فلکسیون هیپ بیش از ۳۰ درجه و خارج شدن از وضعیت آزمون بیش از پنج ثانیه بودند. از نسخه ۲۰ نرم افزار SPSS برای آنالیز آماری داده‌ها استفاده کردیم. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف برای بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد. آزمون ضریب همبستگی درون‌گروهی برای ارزیابی تکرارپذیری نسبی اندازه‌گیری محقق برای محاسبه خطای تعادل انجام شد. تکرارپذیری مطلق اندازه‌گیری محقق توسط خطای معیار اندازه‌گیری، حداقل تغییر متریک قابل تشخیص و ضریب واریانس بررسی شد. آزمون تحلیل واریانس مختلط (۲ گروه ۴× وضعیت ایستادن) برای بررسی اثر اصلی و متقابل این فاکتورها بر متغیر وابسته استفاده شد. آزمون تحلیل واریانس مکرر برای بررسی اثر ایستادن (تکلیف شناختی) در هر گروه و آزمون تی مستقل و اندازه اثر برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها استفاده شدند.

یافته‌ها: توزیع داده‌ها در هر چهار حالت ایستادن نرمال بود ($P < 0/05$). تکرارپذیری اندازه‌گیری محقق برای محاسبه خطای تعادل در تمام وضعیت‌های آزمون عالی بود ($CV < 5\%$ و $MMDC < 10\%$ ، $ICC > 90\%$). تأثیر متقابل گروه × ایستادن برای خطای تعادل معنی‌دار بود ($F = 11/59$ و $P < 0/01$). نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که در وضعیت ایستادن با پای عمل‌کرده بدون تکلیف شناختی روی فوم، گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی نسبت به افراد سالم خطای تعادل بیشتری داشتند ($F = 2/05$ و $P < 0/01$). همچنین اندازه اثر در این وضعیت نشان می‌دهد تفاوت بین دو گروه بزرگ است ($0/8 < \text{اندازه اثر}$). اثر اصلی ایستادن در گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی نشان داد که در هر دو حالت ایستادن روی سطح سفت و فوم، تکلیف شناختی باعث کاهش معنی‌داری از خطای آزمون شد ($P < 0/01$). در حالی که در گروه افراد سالم، تکلیف شناختی تأثیر معنی‌داری بر خطای آزمون نداشت ($P > 0/05$).

نتیجه‌گیری: نتایج آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل نشان داد افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در حالت ایستادن با پای عمل‌کرده بدون تکلیف شناختی روی فوم کنترل تعادل ضعیف‌تری نسبت به افراد سالم دارند. همچنین تکلیف شناختی پیوسته باعث بهبود کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی شد. در حالی که بر کنترل تعادل افراد سالم تأثیری نداشت.

تاریخ دریافت: ۲۱ فروردین ۱۳۹۸

تاریخ پذیرش: ۰۱ مهر ۱۳۹۸

تاریخ انتشار: ۰۹ دی ۱۳۹۸

کلیدواژه‌ها:

بازسازی لیگامان متقاطع قدامی، تعادل پاسچرال، سیستم امتیازدهی خطای تعادل، توجه

* نویسنده مسئول:

دکتر رضا صالحی

نشانی: تهران، دانشگاه علوم پزشکی ایران، مرکز تحقیقات توانبخشی، دانشکده علوم توانبخشی، گروه مدیریت توانبخشی.

تلفن: ۳۰۱۵۵۶۳ (۹۱۶) ۹۸+

رایانامه: salehi.re@iums.ac.ir

مقدمه

خطای تعادل است. فرضیات ما این است که تکلیف شناختی پیوسته باعث کاهش تعداد خطاهای تعادل می‌شود و سیستم امتیازدهی خطای تعادل می‌تواند تفاوت رفتار دو گروه را بر اساس توجه نشان دهد.

روش بررسی

تعداد ۲۰ مرد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی (۴/۱۵) ± ۱۳/۹۰ ماه بعد از عمل) و ۲۰ مرد سالم در این مطالعه شرکت کردند. نوع عمل جراحی افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی، عمل جراحی بازسازی با استفاده از تاندون هامسترینگ به روش اتوگرافت^۴ بود که بر اساس پرونده پزشکی افراد مشخص می‌شد. همه شرکت‌کنندگان فوتبالیست بودند و به صورت منظم در فعالیت‌های ورزشی شرکت داشتند.

معیار ورود شامل این موارد بود: ۱. سن بین ۱۷ تا ۴۴ سال [۷]؛ ۲. به سطح فعالیت قبل از عمل برگشته باشند؛ ۳. بیش از شش ماه از عمل جراحی گذشته باشد [۱۶]؛ ۴. دامنه حرکتی فعال زانو کامل شده باشد [۱]. معیارهای خروج شامل این موارد بود: ۱. آسیب لیگامانی دیگر در زانوی عمل شده و جراحی یا آسیب تروماتیک در اندام تحتانی سمت مقابل [۷]؛ ۲. گزارش از جراحی یا آسیب تروماتیک در سایر مفاصل اندام تحتانی سمت عمل شده [۷]؛ ۳. گزارش از بی‌ثباتی [۵]؛ ۴. بیماری نرولوژیک، و ستیپولار و بینایی درمان‌نشده [۱۷]؛ ۵. درد حاد مفصلی [۱۸].

گروه افراد سالم هیچ‌گونه آسیب یا بیماری عضلانی اسکلتی مؤثر بر کنترل پاسچر نداشتند. گروه سالم از نظر سن، جنس، قد، وزن، شاخص توده بدنی، پای غالب، سطح تحصیلات و فعالیت با گروه افراد جراحی‌شده همسان‌سازی شدند. از پرسش‌نامه تکثر^۵ برای تعیین و همسان‌سازی سطح فعالیت شرکت‌کنندگان استفاده شد [۱۹]. سطح ناتوانی افراد با استفاده از پرسش‌نامه جهانی و بومی‌سازی شده پیامدهای استئوآرتریت و صدمات زانو^۶ بررسی شد. دامنه نمرات این پرسش‌نامه از صفر تا ۱۰۰ است که نمره بیشتر نشان‌دهنده ناتوانی کمتر است [۲۰].

از روش سیستم امتیازدهی خطای تعادل برای بررسی کنترل پاسچر در حالت ایستادن روی یک پا بر روی دو سطح سفت و روی یک فوم با دانسیته متوسط^۷ و ابعاد ۲۶ × ۴۴ سانتی‌متر و ضخامت شش سانتی‌متر استفاده شد. کنترل تعادل در چهار حالت ایستادن با پای عمل‌کرده روی سطح سفت بدون تکلیف شناختی، با تکلیف شناختی، روی فوم بدون تکلیف شناختی و با تکلیف شناختی بررسی شد. در تمام وضعیت‌های آزمون، چشم‌ها بسته و دست‌ها بر روی هیپ دو طرف بود. در حالت ایستادن

افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی^۱ برای انجام فعالیت ماهرانه ورزشی خود نیاز دارند توجه خود را از روی کنترل پاسچر بردارند و به فعالیت ورزشی معطوف کنند. مطالعه نگرهبان و همکارانش نشان داد کنترل تعادل ورزشکاران سالم تقریباً به صورت خودکار است [۱]. در مطالعات اخیر برای برداشتن توجه از روی کنترل پاسچر در افراد سالم، از تکلیف شناختی استفاده کردند. نتایج این مطالعات نشان داد برداشتن توجه از روی کنترل پاسچر باعث بهبودی کنترل پاسچر می‌شود و این بهبودی در تکلیف شناختی پیوسته، نسبت به تکلیف شناختی منقطع بیشتر بود [۲-۴].

تکلیف شناختی پیوسته نیاز مداوم به توجه دارد و می‌تواند توجه فرد را در طول آزمون از روی کنترل تعادل بردارد درحالی‌که تکلیف شناختی منقطع به افراد اجازه می‌دهد در مقطعی از زمان، توجه خود را به کنترل تعادل معطوف کنند [۵]. بر اساس فرضیه عمل محدود^۲، برداشتن توجه از روی اجزای حرکت باعث می‌شود سیستم به صورت خود تنظیم^۳ شکل گیرد و خروجی بهتری داشته باشد و بر عکس، تمرکز و توجه بر روی اجزای حرکت باعث می‌شود قید به سیستم وارد شود و خروجی حرکت مختل می‌شود [۶]. مطالعات مختلف آزمایشگاهی نشان دادند که کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی نسبت به افراد سالم متفاوت است [۷-۹].

همچنین مطالعاتی که تأثیر تکلیف شناختی را بر کنترل تعادل این افراد بررسی کردند، با استفاده از ابزارهای آزمایشگاهی بودند. هیچ کدام از این مطالعات از آزمون کلینیکی برای ارزیابی تأثیر تکلیف شناختی بر کنترل پاسچر استفاده نکردند [۱۰-۱۴]. در کلینیک، برای ارزیابی تأثیر تداخل تکلیف‌های شناختی و تکلیف کنترل پاسچر، نیاز به ابزار ارزیابی کلینیکی ساده و ارزان است. سیستم امتیازدهی خطای تعادل، یک آزمون کلینیکی ساده است که نیاز به ابزار آزمایشگاهی خاصی ندارد و مشابه ابزارهای آزمایشگاهی تفاوت کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم را در حالت ایستادن روی یک پا نشان می‌دهد، در حالی که در وضعیت ایستادن روی دو پا تفاوتی نشان نمی‌دهد [۱۵].

بنابراین هدف اول در مطالعه حاضر بررسی تأثیر تکلیف شناختی پیوسته بر کنترل تعادل در وضعیت ایستادن روی پای عمل‌کرده افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی با استفاده از آزمون کلینیکی سیستم امتیازدهی خطای تعادل است. هدف دوم بررسی الگوی گروه - توجه با استفاده از سیستم امتیازدهی

4. Hamstring tendon autograft

5. Tegner

6. Knee injury osteoarthritis outcome score

7. Mambo balance pad

1. Anterior cruciate ligament reconstruction

2. Constrained action hypothesis

3. Self-organized

تغییر متریک قابل تشخیص^{۱۴} و ضریب واریانس^{۱۵} بررسی شد. شاخص‌های تکرارپذیری مطلق دقت آزمون و خطای اندازه‌گیری را نشان می‌دهند و بر خلاف ضریب همبستگی درون‌گروهی تحت تأثیر خصوصیات جمعیت مورد مطالعه نیستند. ضریب واریانس با استفاده از فرمول (۱۰۰ × میانگین / انحراف معیار) تعیین شد. برای محاسبه خطای معیار اندازه‌گیری از جذر مجموع میانگین مربعات خطاها در جدول ANOVA استفاده شد و از خطای معیار اندازه‌گیری (SEM 1.96) برای محاسبه حداقل تغییر قابل تشخیص استفاده شد [۲۵، ۲۶]. مقدار MMDC بر حسب درصد با استفاده از فرمول شماره ۱ محاسبه شد [۲۷].

۱.

$$100 \times \text{mean} / \text{MMDC} = \text{MMDC} \% 100$$

آزمون تحلیل واریانس مختلط^{۱۶} (۲ گروه × ۴ سطح ایستادن) برای بررسی اثر اصلی و تأثیر متقابل این فاکتورها بر متغیر وابسته انجام شد. برای تعیین اثر وضعیت ایستادن (تکلیف شناختی) در هر گروه از تحلیل واریانس مکرر^{۱۷} در هر گروه به صورت جداگانه استفاده شد. همچنین از آزمون تی مستقل^{۱۸} برای تعیین تفاوت بین گروه‌ها در هر وضعیت ایستادن استفاده شد.

یافته‌ها

جدول شماره ۱ اطلاعات جمعیت‌شناسی، سطح فعالیت شرکت‌کنندگان و نمره پرسش‌نامه پیامدهای استوآرتريت و صدمات زانو را نشان می‌دهد. نمره پرسش‌نامه پیامدهای استوآرتريت و صدمات زانو نشان داد ناتوانی افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی ناچیز است. میانگین انحراف معیار (۹۵ درصد فاصله اطمینان) خطای تعادل و اندازه اثر (انحراف معیار استخراج‌شده/میانگین ۲ - میانگین ۱) در هر وضعیت ایستادن برای افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم در **جدول شماره ۲** آمده است. توزیع داده‌ها در چهار وضعیت ایستادن نرمال بود ($P < 0.05$). نتایج تکرارپذیری نسبی و مطلق برای تکرارپذیری محقق در ارزیابی خطای تعادل در **جدول شماره ۳** نشان داده شده است. تکرارپذیری نسبی محقق برای ارزیابی خطای تعادل در تمام وضعیت‌های آزمون عالی بود ($ICC > 0.90$). همچنین نتایج تکرارپذیری مطلق نشان می‌دهد تکرارپذیری محقق برای ارزیابی آزمون عالی بود (۵ درصد $CV < 10$ و $MMDC < 10$ درصد).

تأثیر متقابل ۱۹ گروه × ایستادن (تصویرهای شماره ۱ و ۲)

یک پا، از افراد درخواست می‌شد که به مدت ۲۰ ثانیه روی پای عمل‌کرده با زانوی صاف بایستند، در حالی که هیپ پای مقابل تقریباً ۳۰ درجه خم و زانو ۴۵ درجه خم باشد. در حالت بدون تکلیف شناختی به افراد هیچ‌گونه بازخوردی داده نمی‌شد. در حالت تکلیف شناختی پیوسته همزمان با ایستادن، یک رشته عددی ارائه می‌شد که شامل ۱۰ عدد سه‌رقمی بود. مدت زمان ارائه هر عدد دو ثانیه بود [۲۱].

قبل از ارائه رشته عددی، یک رقم به صورت تصادفی انتخاب و از افراد درخواست می‌شد که روی رقم مدنظر تمرکز کنند و تعداد رقم مدنظر را به ذهن خود بسپارند و پس از انجام آزمون جواب صحیح را ارائه دهند. در صورتی جواب فرد با جواب صحیح بیش از یک عدد فاصله داشت، آزمون رد می‌شد و دوباره تکرار می‌شد. برای هر تکرار آزمون یک رشته عددی متفاوت به صورت تصادفی ارائه می‌شد. تمام وضعیت‌های آزمون بین دو گروه موازنه^۸ می‌شد. قبل از انجام آزمون، آشناسازی با آزمون انجام شد. خطاهای آزمون شامل بلندکردن دست از روی هیپ، بازکردن چشم‌ها، قدم برداشتن یا تلو تلو خوردن^۹، بلندکردن جلوی پا یا پاشنه، ابداسیون یا فلکسیون هیپ بیش از ۳۰ درجه، یا خارج‌شدن از وضعیت آزمون بیش از ۵ ثانیه بودند [۲۲]. حداقل خطای تعادل در هر وضعیت، صفر و حداکثر خطای تعادل ده بود. یک محقق در طول ۲۰ ثانیه آزمون، خطاها را یادداشت می‌کرد. میانگین خطاها برای سه تکرار محاسبه شد، چون تکرارپذیری بهتری نسبت به یک تکرار آزمون دارد [۲۳]. تمام وضعیت‌های آزمون برای هر فرد ضبط می‌شد و سه هفته بعد دوباره تعداد خطاها را همان محقق ارزیابی می‌کرد تا تکرارپذیری محقق^{۱۰} برای ارزیابی خطای تعادل در هر وضعیت آزمون مشخص شود.

آنالیز آماری با استفاده از نسخه ۲۰ نرم‌افزار SPSS (IBM, Ar- monk, NY, USA) انجام شد. آزمون کولموگروف-اسمیرنوف^{۱۱} برای بررسی نرمال بودن داده‌ها انجام شد. تکرارپذیری نسبی و مطلق برای بررسی خطای اندازه‌گیری استفاده می‌شود. آزمون ضریب همبستگی درون‌گروهی^{۱۲} برای بررسی تکرارپذیری نسبی محاسبه خطای تعادل محقق در هر وضعیت آزمون انجام شد. برای تفسیر تکرارپذیری از تقسیم‌بندی مونرو استفاده شد که در این تقسیم‌بندی صفر تا ۰/۲۵ همبستگی خیلی کم، ۰/۲۶ تا ۰/۴۹ همبستگی کم، ۰/۵۰ تا ۰/۶۹ همبستگی متوسط، ۰/۷۰ تا ۰/۸۹ همبستگی بالا و ۰/۹۰ تا ۱/۰۰ همبستگی خیلی بالا طبقه‌بندی شده است [۲۴]. تکرارپذیری مطلق توسط خطای معیار اندازه‌گیری^{۱۳}، حداقل

14. Minimal Metrically Detectable Change (MMDC)
15. Coefficient of Variation (CV)
16. Mixed model of ANOVA
17. Repeated measure of ANOVA
18. Independent- sample t-test
19. Interaction

8. Counterbalance
9. Stepping or stumbling
10. Intraobserver reliability
11. Kolmogorov - smirnov
12. Intraclass Correlation Coefficient (ICC)
13. Standard Error of Measurement (SEM)

جدول ۱. میانگین و انحراف معیار داده‌های جمعیت‌شناسی، سطح فعالیت تگنر و پرسش‌نامه پیامد استئوآرتروز و صدمات زانو

متغیر	افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی	افراد سالم	P
سن (سال)	۲۶/۳۰±۲/۵۸	۲۵/۹۰±۴/۶۷	۰/۷۶
قد (سانتی‌متر)	۱۷۹/۰±۵۶/۸۷	۱۷۸/۴۰±۵/۳۲	۰/۷۴
وزن (کیلوگرم)	۷۸/۰۰±۱۰/۱۶	۷۴/۳۰±۱۰/۵۸	۰/۲۶
شاخص توده بدنی (کیلوگرم / مترمربع)	۲۴/۴۴±۲/۶۲	۲۳/۳۷±۲/۲۷	۰/۳۳
سطح تحصیلات (سال)	۱۳/۰۰±۱/۷۷	۱۲/۶۰±۱/۴۶	۰/۴۴
سطح فعالیت تگنر	۸/۶۰±۰/۸۲	۸/۸۰±۰/۶۱	۰/۳۸
درد	۱۰۰	-	-
علامت	۹/۸۵±۲/۱۳	-	-
فعالیت‌های روزمره	۱۰۰	-	-
ورزش و تفریح	۱۰۰	-	-
کیفیت زندگی	۹/۸۵±۲/۱۳	-	-

توانبخشی

و فوم، تکلیف شناختی باعث کاهش معنی‌داری از خطای آزمون می‌شود ($P < 0/01$). در حالی که نتایج تحلیل واریانس مکرر در افراد سالم نشان داد که خطای آزمون افراد سالم بدین صورت بود: ایستادن روی سطح سفت با تکلیف شناختی = ایستادن روی سطح سفت > ایستادن روی فوم با تکلیف شناختی = ایستادن روی فوم. در گروه افراد سالم، تکلیف شناختی تأثیر معنی‌داری بر روی خطای آزمون نداشت ($P > 0/05$).

بحث

اهداف این مطالعه: ۱. بررسی تأثیر تکلیف شناختی بر سیستم امتیازدهی خطای تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی بود. ۲. بررسی رفتار دو گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم بر اساس توجه بود. نتایج تکرارپذیری اندازه‌گیری محقق برای ارزیابی خطای تعادل نشان داد که دقت

بر روی خطای آزمون معنی‌دار بود ($F = 11/59$ و $P < 0/01$). نتایج آزمون تی مستقل نشان داد که در وضعیت ایستادن با پای عمل کرده بدون تکلیف شناختی روی فوم، بین گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم تفاوت معنی‌دار وجود دارد ($F = 2/05$ و $P < 0/01$). گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی نسبت به گروه سالم خطای بیشتری داشتند. در این وضعیت اندازه اثر همچنین نشان می‌دهد که تفاوت بین دو گروه بزرگ است ($> 0/8$ اندازه اثر).

نتایج تحلیل واریانس مکرر نشان داد خطای آزمون در گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی بدین صورت بود: ایستادن روی سطح سفت با تکلیف شناختی > ایستادن روی سطح سفت > ایستادن روی فوم با تکلیف شناختی > ایستادن روی فوم. این نتایج نشان می‌دهد که در هر دو حالت ایستادن روی سطح سفت

جدول ۲. میانگین و انحراف معیار (۹۵ درصد فاصله اطمینان) خطای تعادل و اندازه اثر در هر وضعیت ایستادن

وضعیت ایستادن	میانگین و انحراف معیار		اندازه اثر
	افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی	افراد سالم	
ایستادن روی سطح سفت	۲/۵۰±۰/۷۹ (۲/۱۲ و ۲/۸۷)	۲/۳۸±۰/۷۱ (۲/۰۴ و ۲/۷۲)	۰/۵۱ (-۰/۴۹ و ۰/۸۰)
ایستادن روی سطح سفت با تکلیف شناختی	۲/۲۰±۰/۵۹ (۱/۹۲ و ۲/۴۷)	۲/۳۱±۰/۴۸ (۲/۰۸ و ۲/۵۴)	-۰/۲۱ (-۰/۴۲ و ۰/۱۸)
ایستادن روی فوم	۷/۹۸±۱/۱۰ (۷/۴۶ و ۸/۴۹)	۵/۹۶±۰/۸۰ (۵/۵۸ و ۶/۳۴)	۱/۴۴ (۱/۰۰ و ۱/۸۸)
ایستادن روی فوم با تکلیف شناختی	۶/۰۰±۰/۸۸ (۵/۵۸ و ۶/۴۱)	۵/۴۶±۰/۹۵ (۵/۰۱ و ۵/۵۹)	۰/۵۶ (-۰/۰۶ و ۱/۱۸)

توانبخشی

جدول ۳. نتایج مربوط به تکرارپذیری محقق در ارزیابی خطای تعادل در وضعیت‌های مختلف ایستادن

وضعیت ایستادن	ICC	CV (%)	SEM	MMDC (%)
ایستادن روی سطح سفت	۰/۹۸ و ۰/۹۵	۴/۵۵	۰/۱۵	۶/۲۶
ایستادن روی سطح سفت با تکلیف شناختی	۰/۹۶ و ۰/۹۴	۴/۰۵	۰/۱۳	۵/۷۶
ایستادن روی فوم	۰/۹۸ و ۰/۹۷	۱/۹۷	۰/۲۲	۳/۱۰
ایستادن روی فوم با تکلیف شناختی	۰/۹۸ و ۰/۹۶	۱/۶۴	۰/۱۷	۲/۹۷

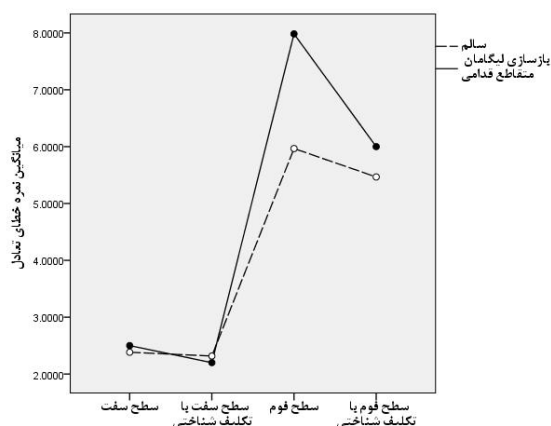
توانبخشی

افراد سالم کنترل تعادل ضعیف‌تری داشتند [۷، ۹، ۱۴].

بر اساس این نتایج به نظر می‌رسد چندین ماه پس از بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و برگشت به بازی، کنترل تعادل به سطح مطلوب برنمی‌گردد. همچنین در مطالعه حاضر تأثیر متقابل بین گروه و وضعیت ایستادن مشاهده شد. تکلیف شناختی باعث کاهش معنی‌داری در خطای آزمون افراد در وضعیت ایستادن با پای عمل کرده می‌شود، در حالی که چنین الگویی در افراد سالم مشاهده نشد و تکلیف شناختی روی عملکرد تعادلی افراد سالم در حالت ایستادن یک‌پا، تأثیری نداشت. براساس این نتایج، کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در حالت ایستادن روی یک پا با افراد سالم متفاوت است و تکلیف شناختی پیوسته باعث بهبود کنترل تعادل این افراد می‌شود. بهبودی کنترل تعادل در این افراد می‌تواند به علت برداشتن توجه از روی کنترل پاسچر و اتوماتیستی باشد. بر اساس فرضیه عمل محدود، برداشتن قید (توجه به کنترل پاسچر) از روی سیستم حرکتی باعث می‌شود که سیستم به صورت خودتنظیم و خودکار شکل گیرد و خروجی

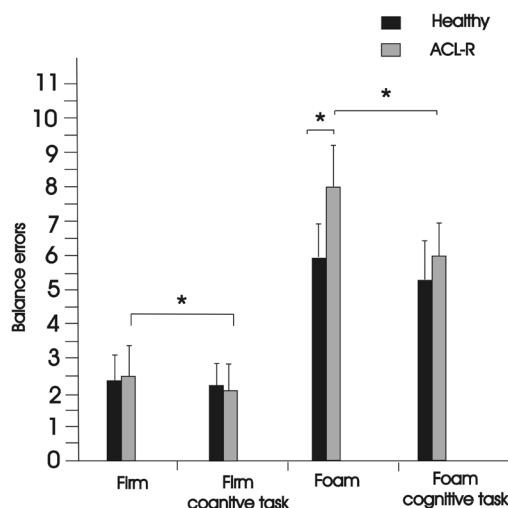
اندازه‌گیری محقق برای ارزیابی خطای تعادل مناسب است و این روش اندازه‌گیری حداقل خطای اندازه‌گیری را دارد. نتایج این مطالعه نشان داد افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در حالت ایستادن با پای عمل کرده بدون تکلیف شناختی روی فوم، خطای آزمون بیشتری نسبت به افراد سالم داشتند و در سایر وضعیت‌ها تفاوتی بین دو گروه وجود نداشت.

یک مطالعه که کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی را با استفاده از سیستم امتیازدهی خطای تعادل بررسی کرد، مشابه با نتایج مطالعه ما گزارش کرد، به طوری که خطای آزمون افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در حالت ایستادن با پای عمل کرده روی فوم بیشتر از افراد سالم بود [۱۵]. همچنین مطالعات دیگری با استفاده از پارامترهای اندازه‌گیری متفاوت مانند سرعت نوسانات مرکز فشار و میزان جابه‌جایی مرکز ثقل، کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی را در حالت ایستادن روی پای عمل کرده ارزیابی کردند و نتایج این مطالعات نشان داد گروه افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی نسبت به



توانبخشی

تصویر ۲. نمودار تأثیر متقابل سطوح مختلف ایستادن در گروه افراد سالم و افراد با جراحی بازسازی لیگامان متقاطع قدامی برای میانگین نمره خطای تعادل



توانبخشی

تصویر ۱. میانگین و انحراف معیار خطای تعادل در وضعیت‌های مختلف ایستادن در گروه افراد سالم و افراد با جراحی بازسازی لیگامان متقاطع قدامی ($P < 0.05$)

سطح سفت: Firm; سطح سفت با تکلیف شناختی: Firm cognitive task; فوم: Foam; فوم با تکلیف شناختی: Foam cognitive task

پای عمل کرده بدون تکلیف شناختی روی فوم، کنترل تعادل ضعیف تری نسبت به افراد سالم دارند. همچنین بر اساس این آزمون، تکلیف شناختی پیوسته باعث بهبود کنترل تعادل افراد شد، در حالی که بر روی کنترل تعادل افراد سالم تأثیری نداشت. شرکت کنندگان مطالعه حاضر فقط مردان فوتبالیست بودند پس نتایج این مطالعه قابل تعمیم به این گروه از افراد است پیشنهاد می شود این مطالعه برای ورزشکاران دیگر و همچنین ورزشکاران زن نیز انجام شود.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

این مطالعه توسط کمیته اخلاق دانشگاه جندی شاپور اهواز تأیید شد. افراد شرکت کننده به صورت داوطلبانه در این مطالعه شرکت کردند و پس از آگاهی از مراحل آزمون، موافقت خود را جهت شرکت در این مطالعه اعلام کردند. شرکت کنندگان در صورت تمایل نداشتن به همکاری، در هر مرحله از آزمون می توانستند انصراف خود را اعلام کنند. اصل رازداری در مورد اطلاعات افراد رعایت شد.

حامی مالی

این مقاله بخشی از رساله دکتری پیام احمدی در گروه فیزیوتراپی مرکز تحقیقات توان بخشی عضلانی اسکلتی در دانشگاه علوم پزشکی جندی شاپور اهواز است. همچنین نویسندگان از حمایت مالی معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اهواز (شماره طرح PHT-9622) برخوردار بودند.

مشارکت نویسندگان

همه نویسندگان در آماده سازی مقاله سهیم بودند.

تعارض منافع

این مقاله تعارض منافع ندارد.

تشکر و قدردانی

نویسندگان از معاونت تحقیقات و فناوری دانشگاه علوم پزشکی اهواز بابت حمایت مالی طرح سپاسگزارند.

سیستم بهتر شود [۲۸]. نگرهبان و همکارانش، تأثیر متقابل بین تکلیف شناختی و گروه را در افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم در حالت ایستادن یک پا گزارش دادند، اما در این مطالعات تکلیف شناختی باعث کاهش ثبات در افراد شد، در حالی که در مطالعه ما تکلیف شناختی باعث بهبودی ثبات در افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی شد [۱].

دلیل این تفاوت ممکن است مربوط به نوع تکلیف شناختی مطالعه حاضر باشد که ماهیت پیوسته دارد، اما تکلیف شناختی در مطالعه نگرهبان و همکارانش ماهیت پیوسته نداشت. تکلیف شناختی منقطع به فرد اجازه می دهد به صورت متناوب توجه خود را به کنترل پاسجر معطوف کند و باعث اختلال در کنترل پاسجر شود. نتایج یک مطالعه نشان داد تکلیف شناختی نسبتاً مشابه به تکلیف شناختی مطالعه حاضر، باعث بهبود کنترل تعادل شد، اما در این مطالعه تفاوتی بین گروه ها دیده نشد [۱۰].

در مطالعه حاضر، کنترل تعادل در وضعیت ایستادن دو پا بررسی شد که نمی تواند به خوبی کنترل تعادل این افراد را به چالش بکشاند. برخی مطالعات دیگر هم گزارش دادند که تکلیف شناختی باعث افزایش نوسانات پاسجرال در افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی می شود [۱۱-۱۳]. در این مطالعات، تکالیف شناختی نیاز به حرکت اعضای بدن داشته که این دستور حرکتی می تواند باعث افزایش نوسانات بدن شود، در حالی که تکلیف شناختی مطالعه ما نیاز به هیچ گونه حرکت اندامها نداشت [۲۹].

به علاوه نتایج مطالعه حاضر نشان می دهد که سیستم امتیازدهی خطای تعادل یک آزمون کلینیکی ساده و مناسب برای نشان دادن تفاوت بین افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی و افراد سالم است. این آزمون نیاز به ابزار آزمایشگاهی خاصی ندارد و استفاده از آن در کلینیک ساده و ارزان است. پس می توان از این آزمون برای ارزیابی اولیه این افراد استفاده کرد. همچنین این آزمون برای ارزیابی اثر تکلیف شناختی در این افراد مناسب است.

افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در فعالیت های ورزشی، نیازمند یک کنترل تعادل تقریباً خودکار هستند، چون مهارت ورزشی آنها نیازمند توجه است. این افراد در صورتی که تمرکز خود را معطوف کنترل پاسجر کنند، عملکرد ورزشی آنها مختل می شود. نتایج مطالعه حاضر نشان داد تکلیف شناختی پیوسته باعث بهبودی کنترل تعادل این افراد می شود. بنابراین درمانگران می توانند از این نوع تکلیف شناختی برای بهبود کنترل تعادل افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در زمان برگشت به ورزش استفاده کنند تا میزان خودکار شدن کنترل پاسجر بهبود یابد.

نتیجه گیری

نتایج آزمون سیستم امتیازدهی خطای تعادل نشان داد که افراد با بازسازی لیگامان متقاطع قدامی در حالت ایستادن با

References

- [1] Negahban H, Ahmadi P, Salehi R, Mehravar M, Goharpey S. Attentional demands of postural control during single leg stance in patients with anterior cruciate ligament reconstruction. *Neuroscience Letters*. 2013; 556:118-23. [DOI:10.1016/j.neulet.2013.10.022] [PMID]
- [2] Lajoie Y, Richer N, Jehu DA, Tran Y. Continuous cognitive tasks improve postural control compared to discrete cognitive tasks. *Journal of Motor Behavior*. 2016; 48(3):264-9. [DOI:10.1080/00222895.2015.1089833] [PMID]
- [3] Polskaia N, Richer N, Dionne E, Lajoie Y. Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention. *Gait Posture*. 2015; 41(2):454-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2014.11.009] [PMID]
- [4] Richer N, Polskaia N, Lajoie Y. Continuous cognitive task promotes greater postural stability than an internal or external focus of attention in older adults. *Experimental Aging Research*. 2017; 43(1):21-33. [DOI:10.1080/0361073X.2017.1258214] [PMID]
- [5] Lajoie Y, Jehu DA, Richer N, Chan A. Continuous and difficult discrete cognitive tasks promote improved stability in older adults. *Gait & Posture*. 2017; 55:43-8. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.04.003] [PMID]
- [6] Polskaia N, Lajoie Y. Reducing postural sway by concurrently performing challenging cognitive tasks. *Human Movement Science*. 2016; 46:177-83. [DOI:10.1016/j.humov.2015.12.013] [PMID]
- [7] Zouita Ben Moussa A, Zouita S, Dziri C, Ben Salah FZ. [Single-leg assessment of postural stability and knee functional outcome two years after anterior cruciate ligament reconstruction (English, French)]. *Annals of Physical and Rehabilitation Medicine*. 2009; 52(6):475-84. [DOI:10.1016/j.rehab.2009.02.006] [PMID]
- [8] Paterno MV, Schmitt LC, Ford KR, Rauh MJ, Hewett TE. Altered postural sway persists after anterior cruciate ligament reconstruction and return to sport. *Gait & Posture*. 2013; 38(1):136-40. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2012.11.001] [PMID] [PMCID]
- [9] Pahnabi GR, Akbari M, Nakhostin Ansari N, Mardani M, Ahmadi M, Rostami M. Comparison of the postural control between football players following ACL reconstruction and healthy subjects. *Medical Journal of the Islamic Republic of Iran*. 2014; 28:101. [PMID] [PMCID]
- [10] Lion A, Gette P, Meyer C, Seil R, Theisen D. Effect of cognitive challenge on the postural control of patients with ACL reconstruction under visual and surface perturbations. *Gait & Posture*. 2018; 60:251-7. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.12.013] [PMID]
- [11] Howells BE, Clark RA, Ardern CL, Bryant AL, Feller JA, Whitehead TS, et al. The assessment of postural control and the influence of a secondary task in people with anterior cruciate ligament reconstructed knees using a Nintendo Wii Balance Board. *British Journal of Sports Medicine*. 2013; 47(14):914-9. [DOI:10.1136/bjsports-2012-091525] [PMID]
- [12] Mohammadirad Sh, Salavati M, Ebrahimi Takamjani I, Akhbari B, Sherafat Sh, Mazaheri M, et al. Intra and intersession reliability of a postural control protocol in athletes with and without anterior cruciate ligament reconstruction: A dual-task paradigm. *International Journal of Sports Physical Therapy*. 2012; 7(6):627-36. [PMID] [PMCID]
- [13] Akhbari B, Salavati M, Ahadi J, Ferdowsi F, Sarmadi AR, Keyhani S, et al. Reliability of dynamic balance simultaneously with cognitive performance in patients with ACL deficiency and after ACL reconstructions and in healthy controls. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2015; 23(11):3178-85. [DOI:10.1007/s00167-014-3116-0] [PMID]
- [14] Mohammadi F, Salavati M, Akhbari B, Mazaheri M, Khorrami M, Negahban H. Static and dynamic postural control in competitive athletes after anterior cruciate ligament reconstruction and controls. *Knee Surgery, Sports Traumatology, Arthroscopy*. 2012; 20(8):1603-10. [DOI:10.1007/s00167-011-1806-4] [PMID]
- [15] Smith MD, Bell DR. Negative effects on postural control after anterior cruciate ligament reconstruction as measured by the balance error scoring system. *Journal of Sport Rehabilitation*. 2013; 22(3):224-8. [DOI:10.1123/jsr.22.3.224] [PMID]
- [16] Gokeler A, Benjaminse A, Welling W, Alferink M, Eppinga P, Otten B. The effects of attentional focus on jump performance and knee joint kinematics in patients after ACL reconstruction. *Physical Therapy in Sport*. 2015; 16(2):114-20. [DOI:10.1016/j.ptsp.2014.06.002] [PMID]
- [17] Gianotti SM, Marshall SW, Hume PA, Bunt L. Incidence of anterior cruciate ligament injury and other knee ligament injuries: A national population-based study. *Journal of Science and Medicine in Sport*. 2009; 12(6):622-7. [DOI:10.1016/j.jsams.2008.07.005] [PMID]
- [18] Harrison EL, Duenkel N, Dunlop R, Russell G. Evaluation of single-leg standing following anterior cruciate ligament surgery and rehabilitation. *Physical Therapy*. 1994; 74(3):245-52. [DOI:10.1093/ptj/74.3.245] [PMID]
- [19] Negahban H, Mostafae N, Sohani S, Mazaheri M, Goharpey S, Salavati M, et al. Reliability and validity of the Tegner and Marx activity rating scales in Iranian patients with anterior cruciate ligament injury. *Disability and Rehabilitation*. 2011; 33(23-24):2305-10. [DOI:10.3109/09638288.2011.570409] [PMID]
- [20] Salavati M, Mazaheri M, Negahban H, Sohani SM, Ebrahimian MR, Ebrahimi I, et al. Validation of a Persian-version of Knee injury and Osteoarthritis Outcome Score (KOOS) in Iranians with knee injuries. *Osteoarthritis and Cartilage*. 2008; 16(10):1178-82. [DOI:10.1016/j.joca.2008.03.004] [PMID]
- [21] Richer N, Saunders D, Polskaia N, Lajoie Y. The effects of attentional focus and cognitive tasks on postural sway may be the result of automaticity. *Gait & Posture*. 2017; 54:45-9. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2017.02.022] [PMID]
- [22] Lee SM, Lee JH. The immediate effects of ankle balance taping with kinesiology tape on ankle active range of motion and performance in the Balance Error Scoring System. *Physical Therapy in Sport*. 2017; 25:99-105. [DOI:10.1016/j.ptsp.2016.08.013] [PMID]
- [23] Broglio SP, Zhu W, Sopiartz K, Park Y. Generalizability theory analysis of balance error scoring system reliability in healthy

- young adults. *Journal of Athletic Training*. 2009; 44(5):497-502. [DOI:10.4085/1062-6050-44.5.497] [PMID] [PMCID]
- [24] Mokhtari Nia HR, Kahrizi S, Sanjari MA, Parnian Pour M. [Test-retest reliability of dynamic postural stability measures in healthy and chronic non-specific low back pain groups (Persian)]. *Archives of Rehabilitation*. 2013; 13(4):8-19.
- [25] Salavati M, Hadian MR, Mazaheri M, Negahban H, Ebrahimi I, Talebian S, et al. Test-retest reliability of center of pressure measures of postural stability during quiet standing in a group with musculoskeletal disorders consisting of low back pain, anterior cruciate ligament injury and functional ankle instability. *Gait & Posture*. 2009; 29(3):460-4. [DOI:10.1016/j.gaitpost.2008.11.016] [PMID]
- [26] Azadi F, Parnianpour M, Shakeri H, Kazemnejad A, Akbari Kamrani AA, Arab AM, et al. [How many changes in sit to stand-5 repetition test is real in community dwelling older adult and healthy young people (Persian)]. *Iranian Journal of Ageing*. 2015; 9(4):252-8.
- [27] Azadi F, Parnianpour M, Shakeri H, Kazemnejad A, Akbari Kamrani AA, Arab AM, et al. [Relative and absolute reliability of timed up and go test in community dwelling older adult and healthy young people (Persian)]. *Iranian Journal of Ageing*. 2014; 8(4):56-66.
- [28] Wulf G, McNevin N, Shea C. The automaticity of complex motor skill learning as a function of attentional focus. *The Quarterly Journal of Experimental Psychology*. 2001; 54(4):1143-54. [DOI:10.1080/713756012] [PMID]
- [29] Dault MC, Yardley L, Frank JS. Does articulation contribute to modifications of postural control during dual-task paradigms? *Cognitive Brain Research*. 2003;16(3):434-40. [DOI:10.1016/S0926-6410(03)00058-2]

